

Ricardo Mateus

CAPÍTULO 9

ANALISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS PARA PAREDES EXTERIORES

9.1. Critérios adoptados na definição das soluções construtivas

A principal função das paredes exteriores, em conjunto com os pavimentos exteriores e coberturas, consiste em estabelecer uma barreira entre os ambientes exterior e interior, de modo a que o ambiente interior possa ser ajustado e mantido dentro de determinadas condições. Uma parede exterior deve reunir uma série de requisitos: antes de mais deve ser estável e a sua durabilidade deve ser assegurada durante um determinado período de tempo, enquanto que actua como uma barreira para o vento, chuva, radiação solar, calor, ruído, fogo, insectos, animais e até humanos.

A maior parte da área da envolvente exterior dos edifícios corresponde à área das paredes exteriores – fachadas e empenas. É através das paredes exteriores que se processa a maior parte das trocas térmicas entre os ambientes interior e exterior, pelo que o estudo cuidadoso do comportamento térmico das soluções construtivas, a adoptar na envolvente vertical, é fundamental para que se reduza o consumo de energia nas operações de manutenção do conforto térmico dos ocupantes, com todos os benefícios ambientais daí resultantes.

Tendo em conta a importância do comportamento térmico, relativamente às restantes exigências funcionais dos elementos da envolvente vertical, as soluções construtivas analisadas foram definidas de modo que os seus coeficientes de transmissão térmica fossem, no mínimo semelhantes. Como a definição das propriedades físicas e da espessura dos diversos materiais que compõem as soluções construtivas é condicionada pela sua disponibilidade no mercado, as soluções apresentadas podem não apresentar exactamente o mesmo coeficiente global de transmissão térmica. No entanto, dentro de cada tipo de tecnologia, escolheu-se a solução cujo comportamento mais se assemelha ao da solução de referência.



As soluções construtivas apresentadas possuem um coeficiente de transmissão térmica menor do que os valores máximo admissível e de referência, apresentados no Regulamento das características de Comportamento Térmico dos Edifícios (R.C.C.T.E. – DL 40/90 de 6 de Fevereiro), para cada uma das zonas climáticas e para o caso de elementos pertencentes à envolvente exterior (quadro 9.1).

Quadro 9.1 – Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis e de referência, para elementos pertencentes à envolvente opaca vertical ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

	Zona climática		
	I ₁	I ₂	I ₃
Coeficiente máximos admissíveis	1,80	1,60	1,45
Coeficientes de referência	1,40	1,20	0,95

Como solução de referência adoptou-se a parede dupla de alvenaria de tijolo vazado com pano exterior de 15 cm e pano interior de 11 cm, separados por caixa-de-ar de 4cm parcialmente preenchida com isolante térmico.

É de assinalar que neste trabalho só foi analisada a parte opaca da envolvente vertical na zona corrente, ignorando-se a potencialidade de cada solução ao nível da correcção das pontes térmicas nas zonas de vãos, vigas, topos de lajes e pilares.

9.2. Tecnologias construtivas analisadas

Neste capítulo foram analisadas seis tecnologias construtivas distintas para paredes exteriores:

- (i) **Parede dupla de alvenaria de tijolo vazado;**
- (ii) **Parede dupla, com pano exterior em alvenaria de pedra aparelhada e pano interior em alvenaria de tijolo vazado;**
- (iii) **Parede simples com reboco armado, sobre isolante contínuo pelo exterior;**
- (iv) **Parede dupla, com pano exterior em alvenaria de tijolo maciço com face à vista e pano interior em alvenaria blocos de betão celular autoclavado;**
- (v) **Parede ventilada, com elemento de suporte em alvenaria de blocos de betão leve e revestimento cerâmico descontínuo fixado em estrutura metálica;**
- (vi) **Parede com estrutura em perfis leves de aço.**

9.2.1. Parede dupla de alvenaria de tijolo vazado

9.2.1.1. Apresentação da tecnologia construtiva

O tijolo vazado começou a ser utilizado, em Portugal, com alguma expressão na construção de paredes exteriores, a partir de meados do século XX. De início, nos anos 50, o tijolo vazado era tradicionalmente utilizado no pano interior de paredes duplas com pano exterior de alvenaria de pedra. A partir dos anos 60 começaram a surgir as primeiras soluções de parede dupla com ambos os panos em alvenaria de tijolo vazado (APICER, 2000).

O tijolo vazado surgiu da necessidade de se aligeirarem as paredes exteriores, dado que a tecnologia utilizada até então – alvenaria de pedra – era pesada, inviabilizando a construção em altura.

As paredes duplas, também denominadas por paredes de panos dobrados, surgiram numa tentativa de se melhorar o comportamento térmico e a protecção contra a humidade nas paredes exteriores.

As paredes duplas, com panos de alvenaria de tijolo vazado, dominam actualmente as soluções de fachada nos edifícios em Portugal, existindo várias variantes que vão desde soluções mais esbeltas e de fraco desempenho – constituídas por pano exterior de 11 cm e interior de 7 cm –, até soluções de maior espessura e com características mais adequadas às suas funções – que em situações muito raras chegam a ser constituídas por pano exterior de 22 cm e interior de 15 cm. Nas paredes duplas, o isolamento térmico é geralmente melhorado através da introdução de isolante em placas ou projectado, preenchendo totalmente ou parcialmente a caixa-de-ar (fig. 9.1).

Relativamente às vantagens desta tecnologia, é de salientar que, apesar de necessitar de grande quantidade de mão-de-obra, esta não tem de ser especializada. Por outro lado, a abundância, em Portugal, da matéria-prima necessária à realização das unidades de alvenaria de tijolo e o elevado número de empresas que “dominam” esta tecnologia, tornam o seu custo menor do que o das demais tecnologias. Quanto ao isolamento térmico, por ser constituída por elementos vazados, esta tecnologia apresenta melhor desempenho do que outras soluções com igual espessura constituídas por elementos maciços.

Quanto às reservas, é de assinalar que a execução de paredes de alvenaria de tijolo está relacionada com a produção de grande quantidade de resíduos, o que é justificado pela elevada fragilidade deste material, pela necessidade de se proceder à realização de remates e de se implantarem instalações. As unidades de alvenaria estão ligadas quimicamente entre si, e entre si e os elementos estruturais, o que torna a sua reutilização impossível.



Figura 9.1 – Aspecto de uma parede dupla em alvenaria de tijolo vazado, com espuma de poliuretano preenchendo parcialmente a caixa-de-ar, durante a execução do pano exterior

9.2.1.2. Descrição da solução construtiva

A solução construtiva de referência apresenta um pano exterior em alvenaria de tijolo vazado de 15 cm e um pano interior em alvenaria de tijolo vazado de 11 cm. Os panos encontram-se separados por uma caixa-de-ar com 4 cm de espessura, parcialmente preenchida com isolante térmico em placas – poliestireno expandido extrudado –, com 2 cm de espessura e fixado ao pano interior. Os paramentos, interior e exterior, encontram-se revestidos com reboco tradicional com espessura de 1,5 cm.

A solução construtiva estudada encontra-se representada, em corte esquemático, na figura 9.2.

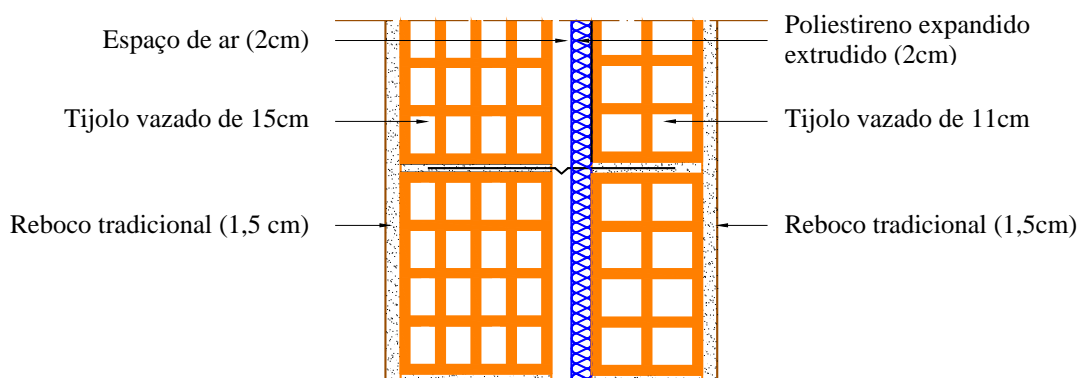


Figura 9.2 – Parede dupla em alvenaria de tijolo vazado (Par1 - solução de referência)

9.2.2. Parede dupla, com pano exterior em alvenaria de pedra aparelhada e pano interior em alvenaria de tijolo vazado

9.2.2.1. Apresentação da tecnologia construtiva

Esta tecnologia construtiva está associada aos primeiros exemplos de paredes duplas que começaram a surgir em Portugal, a partir da segunda metade do século XX. Na altura, as paredes exteriores apresentavam, na maior parte dos casos, funções estruturais, pois ainda não era corrente o recurso a soluções estruturais porticadas em betão armado. Com a introdução de um pano interior em alvenaria de tijolo vazado melhorou-se o comportamento térmico e a protecção contra a humidade das paredes exteriores, sem se comprometer o seu desempenho estrutural.

Com a introdução de estruturas porticadas em betão armado, as paredes deixaram de ter funções estruturais, pelo que a utilização de alvenaria resistente em pedra caiu em desuso. Actualmente, a alvenaria de pedra é utilizada pontualmente, e geralmente sem função estrutural, em edifícios de pequeno porte. A alvenaria de pedra é neste momento considerada uma solução construtiva nobre. A sua aparência deixou de ser camuflada com uma camada de reboco – como era corrente no passado –, passando a ser aproveitada como acabamento de fachada.

Esta tecnologia construtiva apesar de exhibir, em relação à parede dupla em alvenaria de tijolo vazado, maior massa por unidade de superfície, apresenta tradicionalmente menor P.E.C. Este facto é justificado pela baixa energia necessária ao processamento da pedra, visto ser um material natural. Por outro lado, as reservas de pedra granítica são abundantes em praticamente toda a superfície terrestre. A P.E.C é tanto menor quanto mais próxima estiver a fonte de matéria-prima do local de construção. Numa situação ideal, e sempre que possível, deve ser utilizada a própria pedra extraída dos trabalhos de escavação necessários à realização das plataformas de trabalho e das fundações.

Durante o processo de desmantelamento/demolição, devido à menor resistência das juntas em relação às unidades de alvenaria, é possível retirar as unidades do pano de pedra praticamente intactas, pelo que a sua reutilização é possível. A alvenaria de pedra pode ainda ser reciclada de modo a ser utilizada sob a forma de agregados na execução de betões e argamassas. Por ser um material natural, a sua devolução ao ambiente natural não apresenta grande impacte.

Como reservas, há que salientar que a extracção de granito em pedreiras está relacionada com grandes impactes paisagísticos e nos ecossistemas locais; e que esta tecnologia, por possuir elevada massa, não é aconselhada em locais distantes da fonte de matéria-prima – os custos energéticos relacionados com o seu transporte são bastante elevados. O pano de tijolo apresenta os inconvenientes focados na tecnologia construtiva anterior. Por outro lado, apesar desta solução apresentar elevada massa, a sua inércia térmica é semelhante à da solução construtiva anterior, pois o calor armazenado no pano de pedra não é libertado para o interior devido à existência do isolante.



9.2.2.2. Descrição da solução construtiva

A solução construtiva estudada apresenta um pano exterior em alvenaria de pedra granítica com 30 cm de espessura e um pano interior em alvenaria de tijolo vazado de 11 cm. Os panos encontram-se separados por uma caixa-de-ar com 5 cm de espessura, parcialmente preenchida com isolante térmico em placas – poliestireno expandido extrudido –, com 3 cm de espessura e fixado ao pano interior. Nesta solução, apesar da espessura total ser mais elevada, para que o coeficiente de transmissão térmica fosse semelhante ao da solução de referência, foi necessário introduzir um isolante com maior espessura, o que é justificado pela elevada condutibilidade térmica do pano em alvenaria de pedra (quadro 7.6). O paramento interior é revestido com reboco tradicional com 1,5 cm de espessura.

A solução construtiva estudada encontra-se representada, em corte esquemático, na figura 9.3.

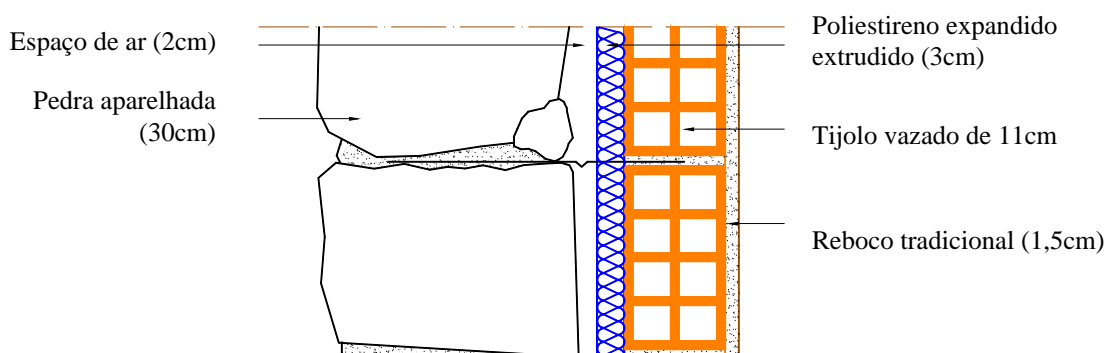


Figura 9.3 – Parede dupla com pano exterior em alvenaria de pedra granítica aparelhada e pano interior em alvenaria de tijolo vazado (Par2)

9.2.3. Parede simples com reboco armado sobre isolante contínuo pelo exterior

9.2.3.1. Apresentação da tecnologia construtiva

As paredes simples com sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior¹, também designados por “sistemas de isolamento térmico por revestimento sobre isolante”, surgiram das tentativas em se melhorar o comportamento térmico das paredes exteriores através de uma melhor correcção das pontes térmicas e da disponibilização de praticamente toda a massa da parede para a inércia térmica interior.

Podem-se utilizar dois tipos de sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior:

- (i) Revestimentos espessos de ligantes minerais, armados (rebocos armados), sobre isolante;
- (ii) Revestimentos delgados de ligantes sintéticos ou mistos, armados, sobre isolante.

Neste tipo de tecnologia, o isolante térmico mais utilizado é o poliestireno expandido moldado em placas (EPS). O elemento de suporte apresenta geralmente espessura superior ou igual 20 cm e é, na maior parte das vezes, em alvenaria de blocos de betão leve ou em alvenaria de tijolo de 20 ou de 22cm.

A ausência de descontinuidade na camada de isolante torna o isolamento térmico mais eficiente, o que, por um lado, potencia a diminuição do consumo energético necessário nas operações de condicionamento da temperatura do ar interior – com todas as vantagens ambientais adjacentes – e por outro, contribui para a durabilidade dos elementos construtivos e para uma melhor qualidade do ar interior – por prevenir as pontes térmicas e as consequentes condensações e desenvolvimento de fungos e algas.

Por ser constituída por apenas um pano, esta tecnologia apresenta geralmente menor massa e menor P.E.C. do que uma parede dupla com isolamento térmico semelhante.

Como reservas destacam-se: o facto da sua durabilidade ser desconhecida, pois trata-se de uma tecnologia relativamente recente; e a necessidade do sistema de isolamento pelo exterior ser realizado por mão-de-obra especializada. Esta tecnologia apresenta, quanto à utilização de elementos em tijolo, as mesmas reservas enumeradas na solução de referência.

Nas figuras 9.4 e 9.5 apresenta-se o aspecto de uma parede com isolamento térmico pelo exterior, antes e após a realização da camada de reboco.

¹ Designados na língua inglesa pela sigla ETICS (external thermal insulating composite systems with rendering).



Figura 9.4 – Aspecto de uma parede simples com reboco armado, sobre isolante contínuo pelo exterior, durante a aplicação do isolante



Figura 9.5 – Aspecto de uma parede simples com reboco armado, sobre isolante contínuo pelo exterior, após a execução do reboco

9.2.3.2. Descrição da solução construtiva

A solução construtiva apresenta o elemento de suporte em alvenaria de tijolo vazado com 22 cm de espessura. O material seleccionado para isolante térmico desta solução foi o poliestireno expandido moldado em placas. Para que o comportamento desta solução fosse semelhante ao da solução de referência, o isolante apresenta 4 cm de espessura. Sobre a camada isolante encontra-se o reboco armado de ligantes minerais, com 1 cm de espessura.

A solução construtiva estudada encontra-se representada, em corte esquemático, na figura 9.6.

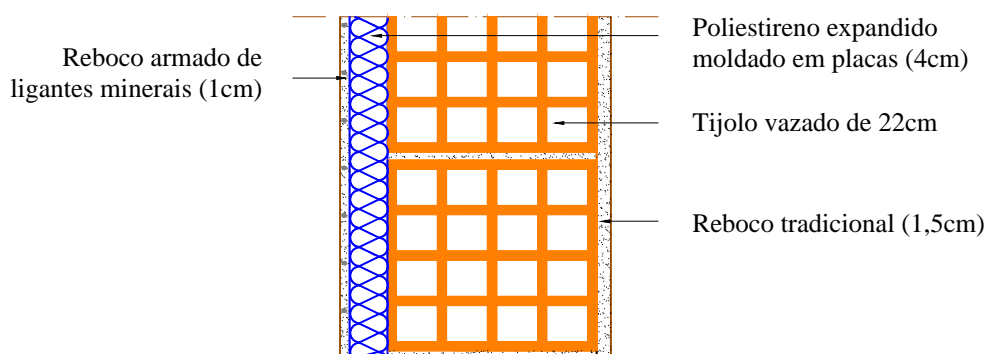


Figura 9.6 – Parede simples com reboco armado sobre isolante contínuo pelo exterior (Par3)

9.2.4. Parede dupla, com pano exterior em alvenaria de tijolo maciço com face à vista e pano interior em alvenaria blocos de betão celular autoclavado

9.2.4.1. Apresentação da tecnologia construtiva

Apesar do betão celular autoclavado ser bastante utilizado noutros países, em Portugal a sua utilização tem sido muito reduzida.

Este material apresenta uma porosidade elevada, pelo que em contacto com a humidade, acaba por a absorver, comprometendo o seu bom isolamento térmico. Assim, o betão celular autoclavado deve estar protegido do contacto directo com a humidade através de camada de revestimento impermeabilizante ou de um pano exterior noutro material.

A sua massa é semelhante ao de uma parede dupla de alvenaria de tijolo vazado e a P.E.C é ligeiramente superior, o que se deve principalmente ao pano de tijolo maciço. O isolamento do pano em betão celular autoclavado é superior ao de um pano em tijolo vazado com a mesma espessura, o que, em alguns casos, torna desnecessária a aplicação de isolantes térmicos.

Como principais reservas, destacam-se o custo mais elevado em relação à tecnologia de referência e a sua baixa disponibilidade no mercado português.

Para informação mais detalhada acerca das soluções construtivas em betão celular autoclavado, consultar o capítulo 5.3.

9.2.4.2. Descrição da solução construtiva

A solução construtiva é constituída por pano exterior em alvenaria de tijolo maciço com 7 cm de espessura e pano interior em blocos de betão celular autoclavado com 17,5 cm de espessura. Os dois panos encontram-se separados por caixa-de-ar com 2 cm de espessura. Neste caso, devido à baixa condutibilidade do betão celular autoclavado, não foi necessária a integração de materiais isolantes.

A solução construtiva estudada encontra-se representada, em corte esquemático, na figura 9.7.

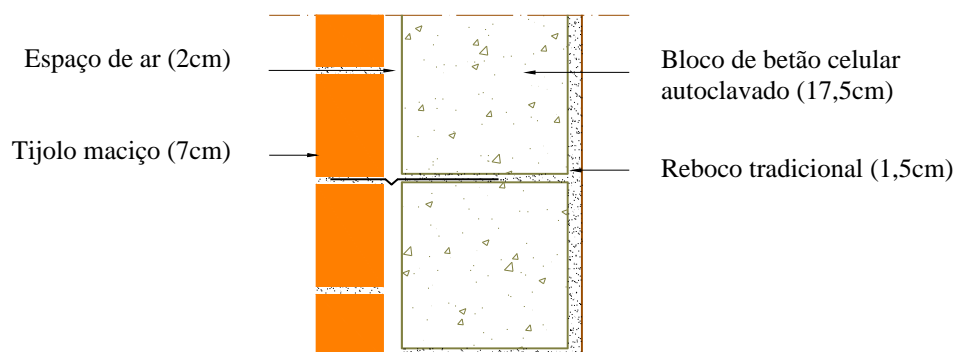


Figura 9.7 – Parede dupla com pano exterior em alvenaria de tijolo maciço com face à vista e pano interior em alvenaria de blocos de betão celular autoclavado (Par4)

9.2.5. Parede ventilada, com elemento de suporte em alvenaria de blocos de betão leve e revestimento cerâmico descontínuo fixado em estrutura metálica

9.2.5.1. Apresentação da tecnologia construtiva

A fachada ventilada é uma tecnologia que surgiu da procura de soluções para a envolvente vertical cada vez menos espessas e, por conseguinte, mais leves, compostas por uma série de camadas com funções cada vez mais específicas.

Esta tecnologia tanto pode ser integrada na construção de edifícios novos, como apresenta grande potencialidade de ser aplicada na reabilitação de fachadas que apresentam problemas de isolamento térmico, acústico, impermeabilização ou de fissuração.

Esta tecnologia é composta pelo elemento de suporte – geralmente uma parede simples de alvenaria –, pelo isolante contínuo pelo exterior – que na maior parte das vezes é a espuma de poliuretano projectado – e pelo revestimento descontínuo – cerâmico, vidro, OSB, etc. – que é fixado ao elemento de suporte através de uma estrutura metálica. O espaço de ar formado entre o revestimento e o isolante é ventilado, o que contribui para a remoção da humidade existente nesse local proveniente da chuva ou formada por condensação. Podem assim, ser utilizados isolantes que, por serem mais sensíveis à humidade, não são utilizados correntemente nas soluções de isolamento da envolvente exterior – por exemplo, cortiça e fibra de coco.

O revestimento descontínuo actua como uma barreira que protege o isolante e o elemento de suporte das acções exteriores – vento, radiação solar, água, etc. Deste modo, assegura-se uma maior durabilidade para os materiais que compõem os elementos verticais do edifício. Com a camada isolante contínua evitam-se pontes térmicas e condensações, dotando o edifício de uma maior qualidade e conforto.

Ao nível das reservas, há a destacar, relativamente à tecnologia convencional, o custo de construção mais elevado que, no entanto, poderá ser compensado por uma manutenção com

menores custos: este tipo de revestimento, ao ser composto por uma série de elementos independentes, permite a fácil substituição/reparação das peças danificadas.

Para informação mais detalhada acerca desta tecnologia, consultar o capítulo 6.2. Nas figuras 9.8 e 9.9 apresenta-se, respectivamente, o aspecto de uma parede ventilada durante uma das fases de construção e após a sua conclusão.



Figura 9.8 – Aspecto de uma parede ventilada com isolamento em espuma de poliuretano e revestimento descontínuo em vidro fixado em estrutura metálica, durante a fase de colocação do revestimento



Figura 9.9 – Aspecto de uma parede ventilada com isolamento em espuma de poliuretano e revestimento descontínuo em vidro fixado em estrutura metálica, após a conclusão dos trabalhos

9.2.5.2. Descrição da solução construtiva

Na solução construtiva em estudo, o elemento de suporte é em alvenaria de blocos de betão leve – com agregados de argila expandida – com 20cm de espessura. Sobre a superfície exterior do elemento de suporte está fixada a camada isolante contínua em aglomerado negro de cortiça com 2,5 cm de espessura. O revestimento é composto por peças cerâmicas com 1cm de espessura que se encontram fixadas ao elemento de suporte através de uma estrutura metálica.

A solução construtiva estudada encontra-se representada, em corte esquemático, na figura 9.10.

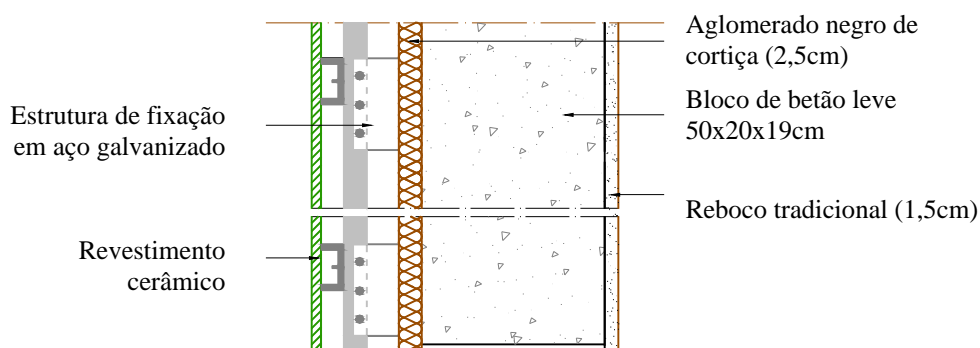


Figura 9.10 – Parede ventilada com elemento de suporte em alvenaria de blocos de betão leve e revestimento cerâmico descontínuo fixado em estrutura metálica (Par5)

9.2.6. Parede com estrutura metálica leve

9.2.6.1. Apresentação da tecnologia construtiva

A procura de tecnologias construtivas mais sustentáveis tem levado ao aparecimento de soluções mais leves e com maior grau de industrialização. As soluções construtivas com estrutura de perfis metálicos, obtidos por moldagem a frio de chapa galvanizada de aço de pequena espessura, constituem um dos caminhos seguidos para a satisfação desses desígnios.

Esta tecnologia apresenta, relativamente à tecnologia convencional, maior grau de industrialização do processo construtivo, pelo que está associada à utilização mais racional de recursos – materiais e mão-de-obra. A sua baixa massa, torna-a adequada a locais em que a distância de transporte dos materiais e componentes de construção é elevada.

Esta tecnologia, por integrar espessas camadas isolantes, contribui para a redução das perdas e ganhos de calor. No entanto, a sua baixa inércia térmica deverá ser compensada, em locais com grandes amplitudes térmicas e sistemas intermitentes de condicionamento da temperatura do ar, pela integração de outros elementos construtivos – por exemplo pavimentos – de elevada massa.

Esta é uma tecnologia relativamente recente em Portugal, existindo ainda carências ao nível de mão-de-obra especializada, o que a torna ainda pouco competitiva em termos de custo de construção. Por outro lado, a sua durabilidade é ainda desconhecida.

No final da sua vida útil, devido ao facto das ligações entre os diversos componentes serem mecânicas, o processo de desconstrução é simples e o potencial de reutilização elevado.

Informação mais detalhada acerca desta tecnologia pode ser encontrada no capítulo 5.2. Nas figuras 9.11 e 9.12 encontram-se apresentados dois aspectos deste tipo de tecnologia durante a fase de construção.



Figura 9.11 – Aspecto do interior de uma parede com estrutura de perfis metálicos leves, em fase de construção – antes da colocação da lã de rocha e da execução do revestimento interior



Figura 9.12 – Aspecto da face exterior de uma parede com estrutura de perfis metálicos leves, em fase de construção – durante a fixação do EPS às placas OSB

9.2.6.2. Descrição da solução construtiva

A estrutura da parede é formada por perfis leves de aço com 14 cm de altura. O revestimento interior é composto por duas camadas de painéis de gesso cartonado, fixadas mecanicamente à estrutura de aço, com espessura total de 2,5 cm. O revestimento exterior é composto pelo revestimento estrutural e pelo revestimento compósito de isolamento térmico contínuo pelo exterior. O revestimento estrutural é formado por painéis OSB, com 1,2cm de espessura, fixados mecanicamente à estrutura. Sobre os painéis OSB é fixada a camada isolante – poliestireno expandido moldado em placas – com 1cm de espessura, seguindo-se, por fim, o reboco armado de ligantes minerais com 1cm de espessura. A cavidade formada entre os revestimentos interior e exterior é preenchida por camadas de mantas de lã de rocha, que perfazem uma espessura total de 14 cm.

A solução construtiva estudada encontra-se representada, em corte esquemático, na figura 9.13.

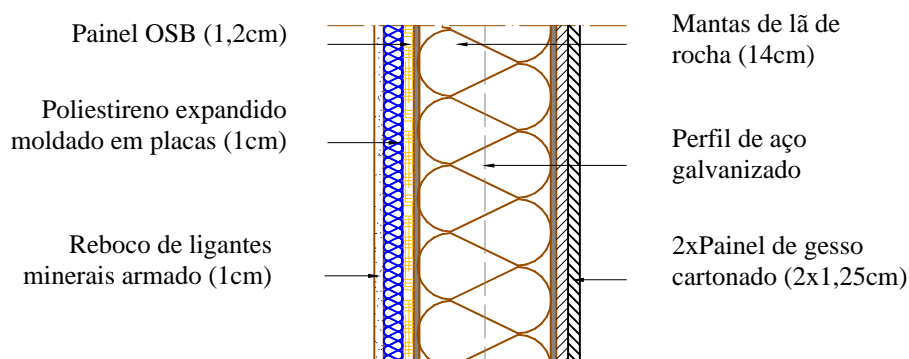
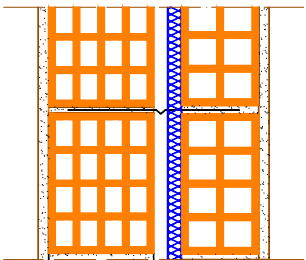
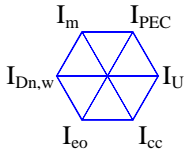
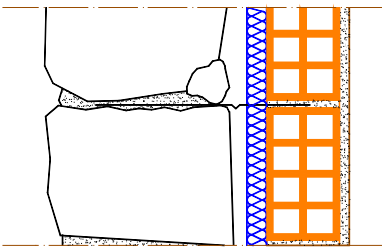
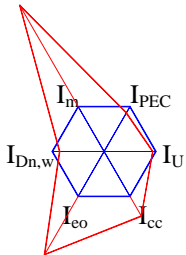
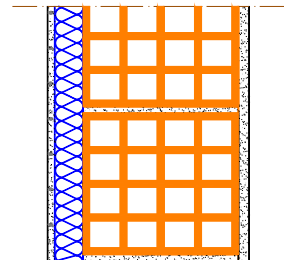
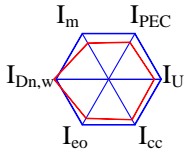
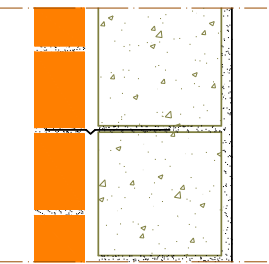
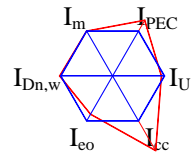
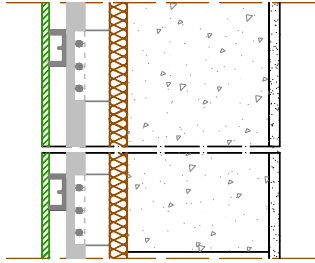
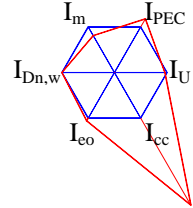
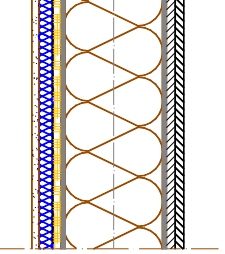
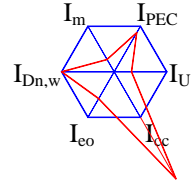


Figura 9.13 – Parede com estrutura em perfis leves de aço (Par6)

Quadro 9.2 – Resumo das características técnico-funcionais mais importantes de algumas soluções construtivas para paredes exteriores

Solução construtiva	Massa (kg/m ²)	PEC (kW.h/m ²)	D _{n,w} (dB)	U (W/m ² .°C)	Largura (cm)	Custo (€/m ²)	Perfil sustentável
Par1 (referência) – descrição em 9.2.1 	279	197	51	0,70	33,00	46,68	
Par2 – descrição em 9.2.2 	909	169	59	0,65	47,50	125,92	
Par3 – descrição em 9.2.3 	220	159	49	0,60	28,50	41,75	

Quadro 9.2 (cont.) – Resumo das características técnico-funcionais mais importantes de algumas soluções construtivas para paredes exteriores

Solução construtiva	Massa (kg/m ²)	PEC (kW.h/m ²)	D _{n,w} (dB)	L' _{n,w} (dB)	U _{med} (W/m ² .°C)	Custo (€/m ²)	Perfil sustentável
Par4 – descrição em 9.2.4 	280	244	50	0,65	28,00	77,55	
Par5 – descrição em 9.2.5 	225	234	51	0,65	35,00	135,80	
Par6 – descrição em 9.2.6 	76	171	51	0,23	19,60	133,40	



9.3. Resultados obtidos

Os resultados obtidos encontram-se apresentados no quadro 9.2.

9.4. Discussão dos resultados

Analisando os resultados obtidos na aplicação da metodologia MARS-SC às seis soluções construtivas para paredes exteriores, verifica-se que, dentro desta amostra e de acordo com os parâmetros analisados, a **solução construtiva mais sustentável é a Par6** – parede com estrutura de perfis leves de aço –, enquanto que a **solução construtiva menos sustentável é a Par2** – parede dupla com pano exterior em alvenaria de pedra aparelhada e pano interior em alvenaria de tijolo furado.

No quadro 9.3, apresentam-se as soluções construtivas ordenadas por ordem decrescente de sustentabilidade.

As características que mais contribuem para que a **solução construtiva Par6** (parede com estrutura metálica leve) seja a mais sustentável são: a baixa massa, a baixa espessura e o bom isolamento térmico. Em contrapartida apresenta um custo de construção que é cerca de 185% superior ao custo da solução de referência. No entanto, numa análise económica global, que aborde as diversas fases do ciclo de vida de um edifício, esta diferença poderá vir a ser atenuada, devido principalmente aos seguintes factores: a menor massa permite importantes poupanças ao nível das fundações; a menor espessura permite a maximização das áreas interiores vendáveis; o superior isolamento térmico potencia a diminuição do consumo de energia convencional necessário à manutenção da temperatura interior dentro de valores confortáveis; no final da vida útil do edifício, o processo de desconstrução é possível e simples – pois os diversos elementos estão ligados mecanicamente entre si –, o que potencia a reutilização de elementos que se encontrem em bom estado e a reciclagem – o aço é 100% reciclável.

Quadro 9.3 – Soluções construtivas para paredes, ordenadas por ordem decrescente de sustentabilidade

Posição	Solução construtiva	
1º	Par6	Mais sustentável ↑ Menos sustentável
2º	Par3	
3º	Par1	
4º	Par4	
5º	Par5	
6º	Par2	

A solução construtiva **Par3** (parede simples com reboco armado sobre isolante contínuo pelo exterior) é a mais equilibrada, pois é melhor do que a solução de referência ao nível de praticamente todos os parâmetros. Apresenta apenas alguma desvantagem no isolamento sonoro. O menor isolamento sonoro é justificado pelo facto de ser um elemento simples. É de salientar que o isolamento térmico pelo exterior potencia a correcção e a prevenção de pontes térmicas, pelo que se se tivesse em conta este factor, a diferença ao nível do isolamento térmico seria substancialmente superior.

Como se pode verificar, a **solução construtiva convencional – Par1** – (parede dupla de alvenaria de tijolo vazado) não está mal posicionada na amostra analisada. O seu baixo custo e o desempenho equilibrado em todos os parâmetros analisados, justificam a sua actual expressão na construção de edifícios. No entanto, é preciso não esquecer que esta tecnologia está associada à produção de grande quantidade de resíduos durante as fases de construção e demolição, o que corresponde a um grande desperdício de recursos.

A solução construtiva **Par4** (parede dupla, com pano exterior em alvenaria de tijolo maciço com face à vista e pano interior em alvenaria blocos de betão celular autoclavado) está associada a um maior investimento inicial – cerca de 66% superior ao da solução de referência – sem que tal se reflecta na melhoria significativa de algum dos restantes parâmetros analisados. A única vantagem é que a sua espessura é ligeiramente inferior à da solução de referência. O pano em alvenaria de tijolo maciço – cuja função principal é a de proteger o pano de betão celular autoclavado – contribui significativamente para a massa e energia primária da parede, prejudicando, na mesma medida, a sustentabilidade desta solução.

Na amostra analisada, a solução que apresenta maior custo de construção é a **Par5** (parede ventilada). Nesta solução, o investimento inicial é superior em cerca de 190% ao da solução de referência, sem que esta diferença se reflecta na melhoria significativa de algum dos restantes parâmetros analisados. A maior parte do seu custo de construção está associada à estrutura metálica de fixação e ao revestimento exterior. Em contrapartida, este tipo de revestimento potencia a diminuição dos custos de manutenção da fachada, pois permite a fácil substituição de alguma peça que esteja danificada. No final da sua vida útil a estrutura metálica pode ser reutilizada – se o seu estado de conservação o permitir – ou 100% reciclada.

A solução construtiva **Par2** (parede dupla, com pano exterior em alvenaria de pedra aparelhada e pano interior em alvenaria de tijolo vazado) revelou-se a menos sustentável, fundamentalmente devido ao facto da sua massa e espaço ocupado serem substancialmente superiores aos das restantes soluções. A integração desta solução em paredes não estruturais não apresenta qualquer vantagem, a não ser que se pretenda o aproveitamento arquitectónico do aspecto da pedra. No entanto, existem soluções de revestimento compostas por placas de pedra, cujo aspecto se assemelha ao desta solução, e que permitem uma utilização mais racional de recursos.



PARTE IV

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

CAPÍTULO 10

CONSIDERAÇÕES FINAIS

10.1. Conclusões

Neste capítulo apresenta-se uma síntese dos principais assuntos abordados e desenvolvidos ao longo deste trabalho. Embora se tenham efectuado nos capítulos anteriores sucessivas alusões a aspectos relacionados com a problemática da sustentabilidade na construção e a tecnologias que permitem que a Construção seja cada vez mais compatível com os desígnios do desenvolvimento sustentável, procede-se aqui a uma sinopse dos considerandos mais importantes, não obstante as conclusões da aplicação da metodologia da avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas a pavimentos e a paredes exteriores já terem sido referidas no final do oitavo e nono capítulo, respectivamente. Deste modo, embora não seja um propósito explícito, podem porventura aqui surgir algumas repetições de assuntos já salientados nos capítulos anteriores, no sentido de enfatizar a importância dos mesmos no contexto da “Construção Sustentável”.

A Construção, nomeadamente o sector dos edifícios, é um dos sectores económicos mais importantes em Portugal. No entanto, está demasiadamente associada a tecnologias construtivas pouco evoluídas, a processos de construção tradicionais e a mão-de-obra não qualificada, pelo que é responsável por um grande impacte ambiental, com grande potencial em ser reduzido. Na Parte I deste trabalho é discutido o impacte ambiental da Construção, principalmente do sector dos edifícios, sendo identificados os principais recursos e produtos directa e indirectamente associados. Para cada um dos recursos e produtos são enumeradas algumas soluções que potenciam a diminuição desse impacte. Estas soluções deverão ser consideradas pela Equipa de Projecto, fundamentalmente durante a Fase de Projecto. A compatibilização do desenho dos edifícios com as condições climáticas do local – desenho passivo – bem como a integração de certas tecnologias, como os sistemas solares de aquecimento de água, sistemas de sombreamento e os painéis fotovoltaicos, são algumas das respostas possíveis.

Na Parte II são apresentadas algumas razões para o atraso relativo da Indústria da Construção relativamente às demais indústrias, bem como as evoluções espectáveis no domínio dos produtos, materiais e processos desta indústria. Os factores mais relevantes, que se apontam para este atraso significativo são: factores económicos, a baixa qualificação dos operários da Construção e a falta de formação dos técnicos da Construção. Nesta Parte, são também apresentados alguns sistemas construtivos não convencionais, que são correntemente considerados mais sustentáveis do que os convencionais: sistemas construtivos em terra – Adobe, Taipa e “BTC”; sistemas construtivos em estruturas metálicas leves – LGSF (*Light Gauge Steel Framing*); e sistemas construtivos em betão celular autoclavado. Para cada sistema construtivo são discutidos alguns aspectos relacionados com as suas características técnico-funcionais (constituição, processo construtivo, comportamento estrutural, comportamento térmico, isolamento sonoro, resistência ao fogo, sustentabilidade ambiental, construtibilidade, disponibilidade e custo) e são apresentadas algumas vantagens desses sistemas, bem como as dificuldades adjacentes à sua implementação, relativamente ao sistema construtivo convencional. Neste domínio destacam-se as vantagens dos sistemas construtivos que utilizam soluções construtivas leves na envolvente a par de soluções construtivas pesadas com funções de armazenamento térmico, no interior. Atendendo à influência da envolvente no consumo energético dos edifícios, no final desta Parte destacam-se duas tecnologias construtivas não convencionais para as paredes exteriores: a parede de Trombe e a fachada ventilada. A parede de Trombe é actualmente uma das soluções construtivas mais utilizadas no projecto solar passivo, enquanto que a fachada ventilada corresponde à evolução do conceito de fachada, no sentido de soluções cada vez menos espessas e, por conseguinte, mais leves; compostas por uma série de camadas com funções cada vez mais específicas.

Atendendo à necessidade premente em se distinguir a sustentabilidade das diversas soluções construtivas disponíveis no mercado, com vista à selecção daquelas que potenciam um futuro mais sustentável para a Construção, encontram-se desenvolvidos ou em fase de desenvolvimento, em alguns países onde a sustentabilidade já ganhou o merecido destaque, algumas ferramentas e sistemas de avaliação da sustentabilidade dos edifícios: o BREEM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Methode*); o LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*); GBTool (*Green Building Challenge*); entre outros. Estes sistemas encontram-se sobretudo orientados para a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, numa perspectiva global, e para as soluções construtivas específicas do país de origem. É deste modo necessário desenvolver metodologias específicas para a avaliação da sustentabilidade global dos edifícios portugueses, ou então, criar bases de dados, que reúnam as principais características das soluções construtivas convencionalmente utilizadas em Portugal, para que se possam utilizar as ferramentas e sistemas já existentes. Assim, na Parte III desenvolveu-se uma metodologia específica para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas à qual se atribuiu a designação de MARS-SC (Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas). Esta metodologia aborda três grupos de parâmetros: ambientais, funcionais e económicos. O número de parâmetros analisados dentro de cada grupo poderá ser ajustado em função das características específicas de cada solução construtiva, das suas exigências funcionais, dos objectivos da avaliação e dos dados disponíveis. Neste trabalho, a metodologia foi aplicada a algumas soluções construtivas convencionais e não convencionais para pavimentos e paredes exteriores. Neste estudo foram considerados na avaliação da sustentabilidade das soluções construtivas dois parâmetros ambientais: massa da



solução e energia primária incorporada (PEC); três parâmetros funcionais: isolamento sonoro a sons de condução aérea, isolamento sonoro a sons de percussão (só nos pavimentos), isolamento térmico e espaço ocupado (só nas paredes); e um económico (custo de construção). Ao nível dos pavimentos foram analisadas cinco tecnologias construtivas distintas: pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas e blocos de cofragem cerâmicos; pavimentos em laje maciça de betão armado; pavimentos em painéis alveolares prefabricados de betão armado; pavimentos mistos com cofragem metálica colaborante; e pavimentos em madeira. Relativamente aos parâmetros considerados nesta avaliação, os resultados obtidos apontam para a maior sustentabilidade das soluções com cofragem metálica colaborante, que apresentam como maiores vantagens a baixa massa e baixa energia incorporada (PEC) e como maior reserva o superior custo de construção, relativamente à solução convencional: laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e blocos cerâmicos de cofragem. Os pavimentos de madeira são a tecnologia mais compatível com o meio ambiente, pois dentro da amostra analisada são os que apresentam menor massa e menor PEC. No entanto, não são a tecnologia mais sustentável, devido principalmente ao seu custo muito elevado. Ao nível das paredes exteriores foram analisadas cinco tecnologias construtivas diferentes: parede dupla de alvenaria de tijolo vazado; parede dupla, com pano exterior em alvenaria de pedra aparelhada e pano interior em alvenaria de tijolo vazado; parede simples com reboco armado, sobre isolante contínuo pelo exterior; parede dupla, com alvenaria de tijolo maciço com face à vista e pano interior em alvenaria de blocos de betão celular autoclavado; parede ventilada, com elemento de suporte em alvenaria de blocos de betão leve e revestimento cerâmico descontínuo fixado em estrutura metálica; parede com estrutura em perfis leves de aço. Os resultados apontam, relativamente aos parâmetros analisados, a parede do tipo sanduíche com estrutura metálica leve como a solução mais sustentável. Este tipo de tecnologia permite a redução da quantidade de matéria-prima e energia incorporadas nos edifícios, sem com isso comprometer a funcionalidade exigida às paredes exteriores. Por outro lado, apresenta maior potencial de reutilização e/ou de reciclagem do que a solução convencional para as paredes exteriores: parede dupla de alvenaria de tijolo. O custo mais elevado e o desconhecimento do comportamento desta tecnologia a longo prazo são apontados como as principais barreiras à sua difusão em Portugal. A curto prazo, pensa-se que a tecnologia de fachada com parede simples e isolamento térmico contínuo pelo exterior irá assumir a liderança no conjunto das soluções para paredes exteriores. O custo ligeiramente inferior, a menor massa, a menor PEC e a maior possibilidade em corrigir as pontes térmicas, são os principais factores que potenciam a utilização desta tecnologia, em detrimento da tecnologia convencional.

10.2. Perspectivas futuras

A sustentabilidade no domínio da Construção é ainda uma temática bastante recente em Portugal. Grande parte das empresas deste sector, bem como a população portuguesa em geral, não estão convenientemente informados acerca das vantagens individuais e colectivas adjacentes à “Construção Sustentável”. Noutros países mais desenvolvidos, como por exemplo, na Dinamarca, Suécia, Noruega, Austrália e Inglaterra, esta temática deixou de ser há muito tempo uma bandeira exclusiva dos ambientalistas, sendo actualmente um dos aspectos com grande peso na avaliação da qualidade global de um imóvel. A sustentabilidade na construção tem-se afirmado nesses países como uma mais-valia que tem potenciado as vendas de soluções com o rótulo sustentável. Em Portugal, ainda há muito a fazer neste domínio. Em primeiro lugar será

necessário sensibilizar a população para as consequências que o rumo actual tem e terá para a sua qualidade de vida e para a qualidade de vida das gerações futuras. A partir desse momento as empresas serão obrigadas a adaptarem-se aos novos desígnios dos utilizadores, sob a pena de não sobreviverem num mercado cada vez mais competitivo. Portugal correrá o risco de não cumprir os objectivos traçados pelo Protocolo de Quioto, no qual foi signatário, pelo que o Estado, como entidade interessada, deverá assumir a maior parte da responsabilidade na consciencialização da população, através da realização de campanhas elucidativas. Outra via possível passa pela publicação de novos documentos normativos mais exigentes no domínio do consumo energético e na gestão de resíduos na Construção.

A partir do momento em que o rótulo “Construção Sustentável” se afirme em Portugal como uma mais-valia na venda dos produtos da Construção, caberá ao Estado a criação de um organismo com competências fiscalizadoras neste domínio, pois este rótulo poderá estar a ser utilizado falaciosamente por algumas empresas, o que poderá pôr em causa todo este processo. Neste momento, poderão existir no mercado alguns produtos intitulados “sustentáveis” e que na realidade não apresentam quaisquer vantagens relativamente aos produtos convencionalmente utilizados, podendo até apresentar certos inconvenientes. Também é necessário encetar várias medidas para evitar certos erros do passado, que tiveram lugar em alguns países mais desenvolvidos, onde o conceito de “Construção Sustentável” foi desvirtuado pelos mais fundamentalistas e ficou quase que irremediavelmente associado à construção compatível com o meio ambiente, mas pouco funcional e com elevados custos de operação e manutenção.

Também aos projectistas – Arquitectos e Engenheiros – caberá parte das responsabilidades neste domínio, através da selecção de tecnologias que potenciem a compatibilização da Construção, principalmente o sector dos edifícios, com o meio ambiente, sociedade e economia. A maior parte das tecnologias construtivas disponíveis no mercado que permitem aproximar a Construção dos objectivos traçados para o desenvolvimento sustentável, apresentam um custo económico de construção superior ao das tecnologias convencionalmente utilizadas. Se no entanto, para além do valor acrescentado relacionado com o seu menor custo ambiental, estas tecnologias apresentarem menores custos económicos durante as restantes fases do seu ciclo de vida, a sua procura tenderá a aumentar. À medida que a procura for aumentando, o número de empresas interessadas em comercializar essas tecnologias irá aumentar. Desse modo, uma concorrência audaz e tecnologicamente evoluída será incentivada a melhorar a sua produtividade e consequentemente os preços diminuirão. A utilização de equipamentos que permitem o aproveitamento de recursos endógenos da Terra (sol, vento, etc.) será generalizada com a diminuição dos custos.

Em Portugal, apesar do atraso relativo da indústria da construção, estas preocupações tenderão paulatinamente a ser introduzidas nos Projectos de Construção, pois as consequências do rumo actual serão irreversíveis, com custos extremamente elevados para a Humanidade.

Em suma, espera-se que as práticas aconselhadas, a metodologia MARS-SC desenvolvida e os resultados obtidos sejam um contributo para os diversos intervenientes da Construção, nas tomadas de decisão que potenciem a realização de edifícios cada vez mais sustentáveis.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Parte I

AGO (2003), **DESIGN FOR LIFESTYLE AND THE FUTURE – Technical Manual**, Australian Greenhouse Office, Australian Government, Australia. [online em 01/03/2003], <http://www.greenhouse.gov.au>.

Athens, Lucia; Fergunson, Bruce K. (1996). **WATER ISSUES**, in Sustainable Building Technical Manual – Green Building Design, Construction, and Operation, Public Technologies, Inc, USA.

Berge, Bjorn (2000), **ECOLOGY OF BUILDING MATERIALS**, Architectural Press, England.

Bernheim, Anthony (1996), **INDOOR AIR QUALITY**, in Sustainable Building Technical Manual – Green Building Design, Construction, and Operation, Public Technologies, Inc, USA.

Brown, Lester; Flavin, Cristopher; Postel, Sandra (1991). **SAVING THE PLANET**, W. W, Norton, New York.

Brüsecke, F. J. (1996), **DESESTRUTURAÇÃO E DESENVOLVIMENTO**. In: Ferreira, L. da C. e Viola, E., Incertezas de sustentabilidade na globalização. Campinas: Unicamp. Pp:103-32.

CEEETA (2004), **TECNOLOGIAS DE MICRO-GERAÇÃO E SISTEMAS PERIFÉRICOS**, Centro de Estudos em Economia de Energia, dos Transportes e do Ambiente, [online em 2004/03/14], <http://www.ceeeta.pt>.

Comissão Europeia (1999). **CONSTRUCTION AND DEMOLITION WAST MANAGEMENT PRACTICES, AND THEIR ECONOMIC IMPACTS**, Final Report to DGXI, February.

DECO (2003); **ÁGUA-Dicas Para Poupar Até à Ultima Gota**, in Revista Proteste nº 230, Julho/Agosto.

ENERGAIA (2003), **VANTAGENS DA ENERGIA SOLAR**, Agência Municipal de Energia de Gaia, [online em 2003/07/12], <http://www.energaia.pt>.

Frénót, Michel; Sawaya, Nabih (1979), **O ISOLAMENTO TÉRMICO**, Coleção Novas Energias, Edições CETOP.

Gonçalves, Helder; Joyce, António; Silva, Luís (2002); **FORUM ENEGIAS RENOVÁVEIS EM PORTUGAL – Uma contribuição para os objectivos da política energética e ambiental**, ADENE/INETI, Lisboa, Dezembro.

Hannequart, J. P (2002), **EUROPEAN WASTE POLICY**. In Conferências Lipor – “Os Desafios do Século XXI”, Valongo.

Howard, N. J., e P. Roberts, “Environmental Comparations” (1995), em **THE ARCHITECTS JOURNAL**, vol 21, Setembro.

Kibert, C. (1994), **“ESTABLISHING PRINCIPLES AND MODEL FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION”**, in *Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16*, Tampa, EUA.

Ngowi, Alfred B. (2000); **COMPETING WITH ENVIRONMENTAL FRIENDLY CONSTRUCTION PRATICS – Technical Article**; Cost Engineering - The International Journal of Cost Estimation, Cost/Schedule Control, and Project Management; AACEI.

Teixeira, José M. Cardoso; Almeida, M. Manuela Guedes de (2001). **TECNOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO RACIONAL DE ENERGIA**; Jornadas de Engenharia Civil 2001– Promover um Desenvolvimento Sustentável, DEC – Universidade do Minho, Dezembro.

Tshudy, James A. (1996), **MATERIALS AND SPECIFICATIONS**, in Sustainable Building Technical Manual – Green Building Design, Construction, and Operation, Public Technologies, Inc, USA.

Von Weizsacker, E., A. B. Lovins, e L. H. Lovins (1997). **FACTOR FOUR: DOUBLING WEALTH, HALVING RESOURCE USE**, Earthscan Publications Ltd., Londres.

Yeang, Ken (2001), **EL RASCACIELOS ECOLÓGICO**, Editorial Gustavo Gili, Barcelona.

Parte II

2Mil Aço (2003), **APRESENTAÇÃO DE LIGHT GAUGE STEEL FRAME**, 2Mil Aço - sistemas construtivos em estruturas leves de aço, documento apresentado na disciplina de Tecnologia da Construção, Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Fevereiro, 2003.

AACPA (2003), **AAC PHOTO GALLERY**, Autoclaved Aerated Concrete Products Association, USA, [online em 2003/11/05], <http://www.aacpa.org>.

ACCOA (2003), **AUTOCLAVED AERATED CONCRETE – Design Guide**, Aerated Concrete Corporation Of America, USA, [online em 2003/11/01], <http://www.acco-acc.com>.

AGO (2003), **DESIGN FOR LIFESTYLE AND THE FUTURE – Technical Manual**, Australian Greenhouse Office, Australian Government, Australia. [online em 01/03/2003], <http://www.greenhouse.gov.au>.

Almeida, M. Guedes de; Bragança, L.; Silva; S. Monteiro; Mendonça, P. (2002). **THERMAL PERFORMANCE OF A MBT SOLUTION - a case study**; Livro de Actas - Volume 3; XXX IAHS Word Congress on Housing - Housing Construction, An Interdisciplinary Task; University of Coimbra - Faculty of Sciences and Technology; Coimbra, Portugal.

BABB (2003), **AUTOCLAVED AERATED CONCRETE BUILDING SYSTEMS**, Babb International, Ringgold, GA, USA, [online em: 2003/11/04], <http://www.babb.com>.

Bentil, Daniel (2001). **ALTERNATIVE RESIDENTIAL CONSTRUCTION SYSTEMS – Second Edition**; Shimberg Center for Affordable Housing, College of Design, Construction and Plannig, University of Florida, U.S.A.

Bertagnin, Mauro (1999). **ARCHITETTURE DI TERRA IN ITALIA - Tipologie, tecnologie e culture costruttive**, EDICOM edizioni, Monfalcone, Itália.

Bragança¹, L.; Almeida, M. Guedes de, Silva; S. Monteiro; Mendonça, P. (2002). **ACOUSTIC PERFORMANCE OF A MBT SOLUTION - a case study**; Livro de Actas - Volume 3; XXX IAHS Word Congress on Housing - Housing Construction, An Interdisciplinary Task; University of Coimbra - Faculty of Sciences and Technology; Coimbra.

Bragança², L.; Almeida, M. Guedes de; Mateus, Ricardo. Monteiro; Mendonça, P. (2002). **COMPARISON BETWEEN CONVENTIONAL AND MBT CONSTRUCTIVE SOLUTIONS FROM AN ECONOMICAL AND ENVIRONMENTAL POINT OF VIEW – case study**; Livro de Actas - Volume 2; XXX IAHS Word Congress on Housing - Housing Construction, An Interdisciplinary Task; University of Coimbra - Faculty of Sciences and Technology; Coimbra.



Bukoski, S.C. (1998), **AUTOCLAVED AERATED CONCRETE: Shaping the Evolution of Residential Construction in the United States**, School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.

Construdobe (2003). **PORQUÊ CONSTRUIR COM ADOBE?**, Construdobe – Sociedade de Construção Civil Lda, Lagos, Algarve, Portugal, [online em 2003/04/04], <http://www.construdobe.com>.

CURRAN (2003), **HEBEL AUTOCLAVED AERATED CONCRETE BUILDING SYSTEMS DISTRIBUTOR**, Baltimore, USA, [online em 2003/11/04], <http://www.curranaac.com>.

Futureng (2003), **EMPRESA ESPECIALISTA DE PROJECTOS DE ESTRUTURAS EM AÇO LEVE**, Portugal, [online em 2003/04/04], <http://www.futureng.com>.

Gervásio, Helena; Santiago, Aldina; Silva, L. Simões; Bragança, Luís; Mendes, José (2002). **SAFETY AND FUNCTIONAL ASSESSEMENT OF MBT BUILDING SOLUTIONS IN VIEW OF SUSTAINABILITY**, Livro de Actas - Volume 3; XXX IAHS Word Congress on Housing - Housing Construction, An Interdisciplinary Task; University of Coimbra - Faculty of Sciences and Technology; Coimbra.

IBICT (2003). **CONSTRUÇÃO EM TAIPA DE MÃO**, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, [online em 2003/04/04], <http://brauna.ibict.br>

Lourenço, Patrícia; Brito, Jorge de; Branco, Fernando (2001). **NOVAS TECNOLOGIAS NA APLICAÇÃO DE TERRA CRUA PARA A CONSTRUÇÃO**, Livro de Actas – Volume 1, Construção 2001 – Encontro Nacional da Construção, IST, Dezembro.

Lourenço, Patrícia (2002). **CONSTRUÇÕES EM TERRA – Uma aposta no desenvolvimento sustentável**, in Revista Arte & Construção, nº 144, págs. 20 a 26, Novembro.

PATH (2001), **AUTOCLAVED AERATED CONCRETE – An Overview**, Partnership for Advanced Technology in Housing, Washington D.C., USA. [online em 01/11/2003], <http://www.pathnet.org>.

Pinho, Fernando (2001). **PAREDES DE EDIFÍCIOS ANTIGOS EM PORTUGAL**, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Rigassi, Vicent (1985). **COMPRESSED EARTH BLOCKS: Manual of Production**, Volume 1, Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien - Gate, [online em 2003/11/13], <http://www.gtz.de/basin/publications/books/CEBVoll.pdf>.

Sousa, Hipólito (2002). **ALVENARIAS EM PORTUGAL – SITUAÇÃO ACTUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS**, Livro de Actas do Seminário Sobre Paredes de Alvenaria, Porto.

Simões, Duarte (2002). **CONTRIBUTO DA INOVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO SECTOR DOS EDIFÍCIOS – Perspectivas para as Empresas Portuguesas**, Tese de Mestrado, IST, Julho.

YTONG (2003), **FICHA TÉCNICA YTONG**, YTONG, Porto, Portugal, [online em: 2003/11/04], <http://www.ytong.pt>.

Parte III

APICER (1998), **MANUAL DE ALVENARIA DE TIJOLO**, Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, Coimbra, 1998.

Berge, Bjorn (2000), **ECOLOGY OF BUILDING MATERIALS**, Architectural Press, England.

BRE (2004), **BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD – BREEAM**, Building Research Establishment Ltd, England. [online em 02/04/2004], <http://www.bre.co.uk>.

Greenbuilding (2004), **GREEN BUILDING CHALLENGE - GBTool**. [online em 02/04/2004], <http://greenbuilding.ca>.

Meisser, Mathias, **ACUSTICA DE LOS EDIFÍCIOS**, Editores Técnicos Asociados, S.A., Barcelona, 1973 – tradução do título original “La Pratique de L’Acoustique dans les Batiments”, S.D.T.B.T.P., Paris.

Martin, A. J. (1995), **CONTROL OF NATURAL VENTILATION**, The Building Services Research and Information Association, Berkshire, UK.

Mateus, Diogo Manuel Rosa; Tadeu, António José Barreto (1999), **COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE EDIFÍCIOS**, Laboratório de Construções – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Patrício, Jorge (1999), **ISOLAMENTO SONORO A SONS AÉREOS E DE PERCUSSÃO – Metodologias de caracterização**, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Pinheiro, Manuel Duarte (2003), **SISTEMAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – Análise de Casos de Edifícios e Programas**, apontamentos apresentados no curso de Projecto e Avaliação Ambiental na Construção Sustentável, 10 e 11 de Dezembro de 2003, Fundec, IST.

Santos, C. A. Pina dos; Paiva, José A. Vasconcelos Paiva (1990), **COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE ELEMENTOS DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS**, LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.

USGBC (2004), **LEADERSHIP EN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN – LEED**, U. S. Green building Council. [online em 02/04/2004], <http://www.usgbc.org>.



GLOSSÁRIO

-C-

Condução: É a transferência de calor no seio de um corpo ou entre dois corpos em contacto directo. Essa transferência efectua-se sem a deslocação de matéria. O fluxo de calor no seio de um material depende da diferença de temperaturas verificada entre as faces do material e da sua condutibilidade térmica – λ (W/m.°C).

Condutibilidade térmica (λ): É uma propriedade térmica típica de um material que é igual à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura e área unitárias desse material por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces.

Convecção: É a transferência de calor entre a superfície de um sólido e de um fluído líquido ou gasoso. Essa transferência é acompanhada por um deslocamento de matéria.

-E-

Eficácia luminosa η (fonte OSRAM Light@work glossary/dictionary em www.osram.com): A eficácia luminosa – η (lm/W) – exprime a eficiência com que a energia eléctrica é convertida em luz. Este factor pode atingir na teoria, quando toda a energia é convertida em luz visível, o valor máximo de 683 lm/W. Na prática, este factor assume valores na ordem dos 10 a 150 lm/W.

-F-

Factor de absorção energética dos envidraçados: É um factor que traduz, em relação ao fluxo energético total, a quantidade de energia que é absorvida pelo envidraçado.

Factor de reflexão energética dos envidraçados: É um factor que traduz, em relação ao fluxo energético total, a quantidade de energia que é reflectida.

Factor de reflexão luminoso: É um factor que traduz, em relação ao fluxo luminoso incidente, a quantidade de fluxo luminoso que é reflectido.

Factor solar: O factor solar de um vidro é a razão entre a energia total que entra num local através desse vidro e a energia solar incidente. Esta energia solar é a soma da energia solar que entra por transmissão directa com a energia transmitida para o ambiente interior pelo vidro após o seu aquecimento por absorção energética.

Factor de transmissão energética dos envidraçados: É um factor que traduz, em relação ao fluxo energético total, a quantidade de energia que é transmitida.

Factor de transmissão luminoso: É um factor que traduz, em relação ao fluxo luminoso incidente, a quantidade de fluxo luminoso que é transmitido.

-R-

Radiação: É a transferência de calor que resulta de uma troca de calor por radiação entre dois corpos que se encontram a temperaturas diferentes. Nas temperaturas ambientes, esta radiação situa-se nos infravermelhos, com comprimentos de onda superiores a $5\text{ }\mu\text{m}$ e é proporcional à emissividade dos corpos. A **emissividade** é uma característica da superfície dos corpos e quanto menor for a emissividade de um material, mais reduzida é a transferência de calor por radiação.

Reflectância (fonte OSRAM Light@work glossary/dictionary em www.osram.com): A reflectância é um factor que exprime a capacidade dos materiais em reflectir a luz. Esta propriedade é caracterizada através do factor de reflexão (ρ). Este factor expressa a relação entre o fluxo luminoso reflectido pelo material e o fluxo luminoso incidente ($\rho = \Phi/\Phi_0$).

O quadro seguinte apresenta a reflectância (ρ) de algumas materiais

Cor	ρ
Branco	0,8
Amarelo claro	0,7
Verde claro, rosa	0,4
Azul	0,4
Cizento claro	0,4
Castanho claro	0,3
Cinzento	0,2
Vermelho escuro	0,1
Preto	0,1

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.